

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2000-192823

(P2000-192823A)

(43)公開日 平成12年7月11日(2000.7.11)

(51)Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テマコード <sup>*</sup> (参考)
F 0 2 C 7/042		F 0 2 C 7/042	
B 6 4 D 33/02		B 6 4 D 33/02	
F 0 2 C 7/057		F 0 2 C 7/057	
7/26		7/26	Z
F 0 2 K 7/10		F 0 2 K 7/10	
審査請求 有 請求項の数6 O L (全 7 頁)			

(21)出願番号 特願平10-370414

(22)出願日 平成10年12月25日(1998. 12. 25)

(71)出願人 000000974

川崎重工業株式会社

兵庫県神戸市中央区東川崎町3丁目1番1号

(72)発明者 徳永 英紀

岐阜県各務原市川崎町1番地 川崎重工業株式会社岐阜工場内

(74)代理人 100064296

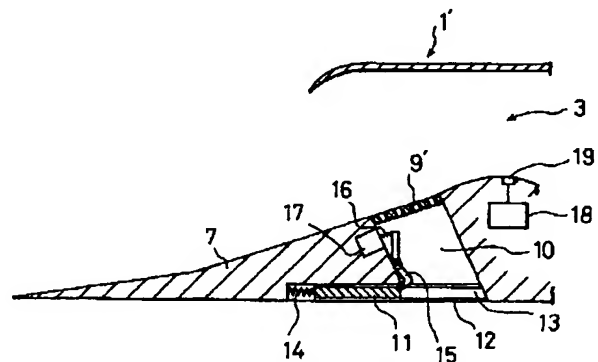
弁理士 高 雄次郎

(54)【発明の名称】 超音速インテーク及びその始動方法

(57)【要約】

【課題】 スロートの付近に可変壁を設けることなく、従って大きな駆動手段を必要とせず、また、インテーク流路内部に形状変化を生じさせず、スロート部近傍の流路表面を滑らかにして、境界層と垂直衝撃波等の干渉特性を明確にして、インテーク内部流を安定させることのできる超音速インテーク及びその始動方法を提供する。

【解決手段】 スロート前方の流路内部における超音速ランプに連なる部分に、大容量の空気を抽気する多数の抽気孔を設け、この多数の抽気孔をインテーク外部と連通口にて連通し、この連通口とインテーク外部との境界に開閉可能にスライド板を設けたことを特徴とする超音速インテーク。インテークに流入する空気が超音速になる時、スロート前方の流路内部における超音速ランプに連なる部分に設けた多数の抽気孔から大容量の空気を抽気し、スロート通過流量を減少して、垂直衝撃波をスロート後方に吞込ませることを特徴とする超音速インテークの始動方法。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 スロート前方の流路内部における超音速ランプに連なる部分に、大容量の空気を抽気する多数の抽気孔を設け、この多数の抽気孔をインテーク外部と連通口にて連通し、この連通口とインテーク外部との境界に開閉可能にスライド板を設けたことを特徴とする超音速インテーク。

【請求項2】 請求項1記載の超音速インテークにおいて、スライド板が完全閉鎖せず、少量の開口部が残し、インテーク外部と連通するようになされていることを特徴とする超音速インテーク。

【請求項3】 請求項1記載の超音速インテークにおいて、スライド板に切り欠き又は穴が設けられ、この切り欠き又は穴により閉鎖時インテーク外部と連通するようになされていることを特徴とする超音速インテーク。

【請求項4】 インテークに流入する空気が超音速になる時、スロート前方の流路内部における超音速ランプに連なる部分に設けた多数の抽気孔から大容量の空気を抽気し、スロート通過流量を減少して、垂直衝撃波をスロート後方に吞込ませることを特徴とする超音速インテークの始動方法。

【請求項5】 請求項4記載の超音速インテークの始動方法において、垂直衝撃波をスロート後方に吞込ませて始動した後、連通口とインテーク外部との境界に設けたスライド板を少量の開口部を残して閉じ、その開口部より境界層抽気を行うことを特徴とする超音速インテークの始動方法。

【請求項6】 請求項4記載の超音速インテークの始動方法において、垂直衝撃波をスロート後方に吞込ませて

$$\frac{A_{th}}{A_{in}} > M_2 \left[ \frac{r+1}{2+(r-1)M_2^2} \right]^{r+1/2(r-1)} = A_r$$

$$\text{但し } M_2 = \frac{1+[(r-1)/2]M^2}{rM^2-[(r-1)/2]}$$

【0005】従来、始動するためには、上記式の分子であるスロート3の面積 $A_{th}$ を増加させる方法を探っている。代表例としては、図9の(a)に示すようにスロート3の付近の内部壁4をアクチュエータ5を用いて可変壁とし、流入空気が超音速になる時に、図9の(b)に示すように一旦スロート3の面積 $A_{th}$ を拡大させ、垂直衝撃波6の通過後、入口マッハ数に適正な元のスロート3の内部形状となるように再び内部壁4を図9の(c)に示すように変化させている。

【0006】ところで上記従来の始動方法では、スロート3の面積 $A_{th}$ を変化させるための可変壁を動作させ

始動した後、連通口とインテーク外部との境界に設けたスライド板を閉じて、そのスライド板に設けた切り欠き又は穴より境界層抽気を行うことを特徴とする超音速インテークの始動方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、超音速インテーク及びその始動方法に関するものである。

## 【0002】

【従来の技術】従来、混合圧縮型の超音速インテークでは、流路出口における静圧を適切に制御することにより、スロート部に垂直衝撃波を定在させる必要がある。流路出口での静圧が適正静圧より低いと、スロート部の垂直衝撃波はスロート部の後方へ移動し、圧力がバランスする安定点に自動的に止まる。このように、垂直衝撃波をスロート部の後方に吞込むことを始動という。始動によりインテーク内の衝撃波パターンは設計点となり、高い総圧回復率（：流入空気の総圧に対するインテーク出口での総圧の比）を持ち、背圧変化に対応可能な混合圧縮型の性能を維持できる。

【0003】始動の原理について説明すると、始動を行うにはインテークの流路の面積比に一定の関係があり、以下に示す関係を満たした時に始動が起こる。即ち、図8に示すようにインテーク1の入口2の面積を $A_{in}$ とし、スロート3の面積を $A_{th}$ とし、入口マッハ数を $M$ とすると、

## 【0004】

## 【式1】

マッハ数 $M$	$A_r$
2	0.82
3	0.72
4	0.67

る大きな駆動手段が必要である。また、インテーク1の流路内部に可変壁があるため、超音速ランプ7から発達した境界層8と流路内部に形成される垂直衝撃波6の複雑な干渉に対して、流路表面の可変壁の隙間、段差等による影響や、形状変化による影響を与えることとなり、インテーク内部流が不安定になり易い。

## 【0007】

【発明が解決しようとする課題】そこで本発明は、スロートの付近に可変壁を設けることなく、従って大きな駆動手段を必要とせず、また、インテーク流路内部に形状変化を生じさせず、スロート部近傍の流路表面を滑らか

にして、境界層と垂直衝撃波等の干渉特性を明確にして、インテーク内部流を安定させることのできる超音速インテーク及びその始動方法を提供しようとするものである。

#### 【0008】

【課題を解決するための手段】上記課題を解決するための本発明の超音速インテークは、スロート前方の流路内部における超音速ランプに連なる部分に、大容量の空気を抽気する多数の抽気孔を設け、この多数の抽気孔をインテーク外部と連通口にて連通し、この連通口とインテーク外部との境界に開閉可能にスライド板を設けたことを特徴とするものである。

【0009】上記の本発明の超音速インテークにおいて、スライド板は完全閉鎖せず、少量の開口部があり、インテーク外部と連通するようになされているものもある。また、スライド板に切り欠き又は穴が設けられ、この切り欠き又は穴により閉鎖時インテーク外部と連通するようになされているものもある。

【0010】本発明の超音速インテークの始動方法は、インテークに流入する空気が超音速になる時、スロート前方の流路内部における超音速ランプに連なる部分に設けた多数の抽気孔から大容量の空気を抽気し、スロート通過流量を減少して、垂直衝撃波をスロート後方に吞込ませることを特徴とするものである。

【0011】上記の本発明の超音速インテークの始動方法において、垂直衝撃波をスロート後方に吞込ませて始動した後、連通口とインテーク外部との境界に設けたスライド板を少量の開口部を残して閉じ、その開口部より境界層抽気を行う場合もある。

【0012】上記本発明の超音速インテークの始動方法において、垂直衝撃波をスロート後方に吞込ませて始動した後、連通口とインテーク外部との境界に設けたスライド板を閉じて、そのスライド板に設けた切り欠き又は穴より境界層抽気を行う場合もある。

【0013】本発明の超音速インテークの始動方法は、上記したように抽気によりスロート通過流量を減少し、垂直衝撃波をスロート後方に吞込ませるのを特徴としているが、抽気の本来の目的は、従来より境界層抽気と最終垂直衝撃波の安定性を図ることにある。即ち、境界層抽気は、図10に示すように主にインテーク1の超音速ランプ7の部分でランプ面の境界層8を抽気孔9より抽気して除去し、流路内部での垂直衝撃波との干渉による悪影響を抑制すると共に総圧の低い空気を少なくし、インテーク1の流路出口での総圧回復率の低下を抑えるものである。また、最終垂直衝撃波の安定性について述べると、元来スロート3の後方に形成された最終垂直衝撃波は、背圧により位置を変え、スロート3の近傍では非常に不安定であり、背圧の上昇によって一旦スロート3の前方に吐出されると、インテーク1の性能は急激に低下し、さらに再びスロート3の後方へ移動することは困

難である。そこで、図11に示すようにスロート3の直後で抽気を行い、垂直衝撃波6をその近傍に定在させて、安定を図っている。本発明は、このような従来の抽気目的とは全く異なり、始動のために抽気を行うようにした超音速インテーク及びその始動方法であることを明らかにする。

#### 【0014】

【発明の実施の形態】本発明の超音速インテークの実施形態を図によって説明すると、図1に示す実施形態の超音速インテーク1'は、スロート3の前方の流路内部における超音速ランプ7に連なる部分に、大容量の空気を抽気する多数の抽気孔9'を設け、この多数の抽気孔9'をインテーク外部と大きな1つの連通口10にて連通し、この連通口10とインテーク外部との境界に開閉可能にスライド板11を設けたものである。このスライド板11は両側端が連通口10のインテーク外部との開口端12の両側縁に設けたガイドレール13に嵌め込まれてスライドするようになっており、通常スライド板11はコイルばね14にて開口端12を閉じる方向に付勢されているものの連通口10の内壁に設けたフック15にて係止されて、開口端12を開いている。フック15の他端にはフック15を付勢してスライド板11に係止するためのコイルばね16が設けられ、このコイルばね16は電磁マグネット17の励磁により引っ張られ、フック15をスライド板11から外すようになっている。電磁マグネット17は制御回路18からの指令により励磁、消磁されるようになっている。制御回路18はスロート3の近傍の壁面に設けた圧力センサ又は温度センサ19からの検知信号に基いて一定値以上の圧力変化又は温度変化の時に指令信号を発するようになっている。

【0015】図2に示す実施形態の超音速インテーク1'は、図1に示す実施形態の超音速インテーク1'におけるスライド板11に係止するフック15及びそれを動作させる電磁マグネット17の代りに、スライド板11にピン穴20を設け、このピン穴20に電磁ソレノイド21のコアと一体のピン22を差し込んでスライド板11に係止し、開口端12を開いたもので、ピン22は制御回路18からの指令により動作する電磁ソレノイド21により上下動してピン穴20から抜けたり、差し込まれたりするようになっている。その他は図1の実施形態と同一構成である。

【0016】上記構成の図1、図2の超音速インテーク1'の始動方法について説明すると、インテーク内部のスロート3の近傍の壁面に設けた圧力センサ又は温度センサ19により圧力又は温度を検知する。始動前、インテーク1'に流入する空気が低速の時はスロート3の近傍の壁面の圧力及び温度が低い、インテーク1'に流入する空気が音速近傍になると、スロート3の前に垂直衝撃波6が形成され、垂直衝撃波6の後方のスロート3の近傍の圧力及び温度が大きく上昇する。やがてインテ

ーク1'に流入する空気が超音速になると、インテーク内外の圧力差によりスロート3の前方の多数の抽気孔9'から大容量の空気が抽気され、連通口10を通してインテーク外部に自然抽気され、抽気孔9'以降のスロート3に流入する空気が減少し、スロート3を通過する流量が減少して、垂直衝撃波6をスロート3の後方に呑み込ませ、圧力がバランスする安定点に自動的に停めて始動する。この始動に至るまでのスロート3の近傍の上昇する圧力又は温度は、圧力センサ又は温度センサ19により検知され、図3に示す検知信号が入力信号Iとして制御回路18に入力され、制御回路18で一定の値以上に圧力又は温度が変化することが検出されると、始動完了となり、制御回路18からはON、OFFの指令信号が出力信号Oとして出力される。この出力信号OにおけるONの指令信号により図1に示す超音速インテーク1'では電磁マグネット17に通電されて励磁され、これによりコイルばね16が引っ張られてフック15がスライド板11から外れるので、スライド板11はコイルばね14にて付勢されて連通口10の開口端12を閉じることになり、元の適正な流量が得られる。そして出力信号OにおけるOFFの指令信号により電磁マグネット17への通電が遮断されて消磁される。また、前記出力信号OにおけるONの指令信号により図2に示す超音速インテーク1'では電磁ソレノイド21に通電されて励磁され、スライド板11に係止しているピン22がスライド板11のピン穴20から抜けるので、スライド板11はコイルばね14に付勢されて連通口10の開口端12を閉じることになり、元の適正な流量が得られる。そして出力信号OにおけるOFFの指令信号により電磁ソレノイド21への通電が遮断されて消磁される。尚、上記の制御回路18からの出力信号Oは、電磁マグネット17や電磁ソレノイド21に必要以上電流を流さないためにON、OFFの指令信号としているが、電磁マグネット17や電磁ソレノイド21は再度使用することがないので、制御回路18からの出力信号は、ONのみ指令信号で、電磁マグネット17や電磁ソレノイド21を励磁したままとしてもよい。

【0017】次に本発明の超音速インテークの他の実施形態を図によって説明すると、図4に示す実施形態の超音速インテーク1'は、図1に示した超音速インテーク1'におけるスライド板11が開口端12を完全閉鎖しないように両側縁のガイドレール13を短く形成して、スライド板11がコイルばね14により付勢されてスライドしても少量の開口部23が残り、インテーク外部と連通するようにしたもので、その他は図1の超音速インテーク1'と同一構成である。

【0018】図5に示す実施形態の超音速インテーク1'は、図2に示した超音速インテーク1'におけるスライド板11のピン穴20を大径の穴24に代え、この大径の穴24にピン22を挿通してスライド板11に係

止するが、ピン22が抜かれ、スライド板11がコイルばね14に付勢されて開口端12を閉鎖しても大径の穴24によりインテーク外部と連通するようにしたもので、その他は図2の超音速インテーク1'と同一構成である。尚、この超音速インテーク1'におけるスライド板11の大径の穴24は、ピン穴20とは別個に図6に示すような切り欠き25に代えてもよいものである。

【0019】上記構成の図4、図5、図6の超音速インテーク1'の始動方法は、図1、図2の超音速インテーク1'の始動方法とは、垂直衝撃波6をスロート3の後方に呑み込ませ、圧力がバランスする安定点に自動的に停めて始動するまでは同じであるが、始動後はスライド板11の係止を解き、スライド板11をコイルばね14により付勢しても少量の開口部23、大径の穴24、切り欠き25などによりインテーク外部と連通するので、境界層抽気が行われ、流路内部での垂直衝撃波との干渉による悪影響が抑制されると共に総圧の低い空気を少なくできて、インテーク1'の流路出口での総圧回復率の低下を抑えることができる。

【0020】この超音速インテーク1'の始動方法において、図7の(a)に示すようにインテーク1'の入口2の面積を $A_{in}$ とし、スロート3の通過空気の入口相当面積 $A_{in}^*$ とし、スロート3の面積を $A_{th}$ とし、入口マッハ数を $M$ とすると、始動前の低速時、抽気孔9'から空気が抽気された時 $A_{in}^*$ を用いる。

【0021】

【式2】

$$\frac{A_{th}}{A_{in}^*} > M_2 \left[ \frac{r+1}{2+(r-1)M_2^2} \right]^{r+1/2(r-1)} = Ar$$

$$\text{但し } M_2 = \frac{1+[(r-1)/2]M^2}{rM^2-[(r-1)/2]}$$

【0022】始動時は、インテーク1'に流入する空気が超音速になるため、インテーク1'の内部と外部の圧力差が大きくなり、多数の抽気孔9'から図7の(b)に示すように大量の空気が抽気され、連通口10を通してインテーク1'の外部に自然抽気され、抽気孔9'以降のスロート3に流入する空気が減少し、結果として上記式2の分母であるスロート3の通過空気の入口相当面積 $A_{in}^*$ を減少させて、 $A_{th}/A_{in}^* > Ar$ となり、スロート3を通過する流量を減少して、垂直衝撃波6をスロート3の後方に呑み込ませ、圧力がバランスする安定点に自動的に停めて始動する。始動後は、スライド板11を完全に閉鎖せず、図7の(c)に示すように少量の開口部23(又は小径の穴24若しくは切り欠き25など)によりインテーク外部と連通し、境界層7の

抽気が行われて、 $A_{th}/A_{in} < A_r$ となる。

【0023】

【発明の効果】以上の説明で判るように本発明の超音速インテークは、スロート前方の超音速ランプに連なる部分に多数の抽気孔を設け、この抽気孔をインテーク外部と連通口にて連通し、この連通口とインテーク外部との境界に開閉可能にスライド板を設けてあるので、インテーク流路内に形状変化は生ぜず、スロート部近傍の流路表面は滑らかであり、従って、境界層と垂直衝撃波の干渉特性が明確となり、インテーク内部流を安定させることができる。

【0024】また、本発明の超音速インテークの始動方法は、インテークに流入する空気が超音速になる時、スロート前方の超音速ランプに連なる部分に設けた多数の抽気孔から大容量の空気を抽気し、スロート通過流量を減少して、垂直衝撃波をスロート後方に呑込ませるのであるから、従来のようにスロート付近に可変壁を設ける必要がなく、従って大きな駆動手段は必要がなく、始動機構は至って簡素であり、作動に対する信頼性が向上する。特に始動後、境界層抽気が行われるものにあつては、インテーク内部での垂直衝撃波との干渉による悪影響が抑制されると共に総圧の低い空気を少なくできて、インテーク流路出口での総圧回復率の低下を抑えることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の超音速インテークの一実施形態を示す側断面図である。

【図2】本発明の超音速インテークの一実施形態の一部変更例を示す側断面図である。

【図3】超音速インテークの始動直前のスロート近傍の圧力センサ又は温度センサからの制御回路への入力信号と制御回路からの出力信号を示す図である。

【図4】本発明の超音速インテークの他の実施形態を示すもので、スライド板を閉じた状態の平面図である。

【図5】本発明の超音速インテークの他の実施形態の一部変更例を示すもので、スライド板を閉じた状態の平面図である。

【図6】本発明の超音速インテークの他の実施形態の一

部変更例を示すもので、スライド板を閉じた状態の平面図である。

【図7】本発明の超音速インテークの始動方法の工程を示す概略側断面図で、(a)は始動前、(b)は始動時、(c)は始動後の状態である。

【図8】従来の超音速インテークの概略側断面図である。

【図9】従来の超音速インテークの始動方法の工程を示す概略側断面図で、(a)は始動前、(b)は始動時、(c)は始動後の状態である。

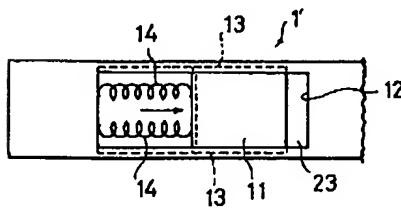
【図10】従来の超音速インテークにおける境界層抽気を示す側断面図である。

【図11】従来の超音速インテークにおける最終垂直衝撃波の安定性を図るための抽気を示す側断面図である。

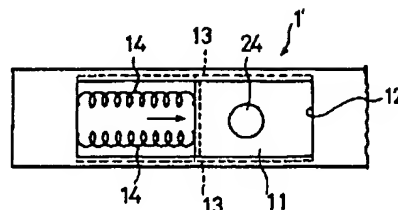
【符号の説明】

- 1' 超音速インテーク
- 3 スロート
- 6 垂直衝撃波
- 7 超音速ランプ
- 8 境界層
- 9' 抽気孔
- 10 連通口
- 11 スライド板
- 12 開口端
- 13 ガイドレール
- 14 コイルばね
- 15 フック
- 16 コイルばね
- 17 電磁マグネット
- 18 制御回路
- 19 圧力センサ又は温度センサ
- 20 ピン穴
- 21 電磁ソレノイド
- 22 ピン
- 23 少量の開口部
- 24 大径の穴
- 25 切り欠き

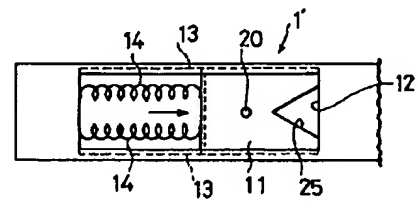
【図4】



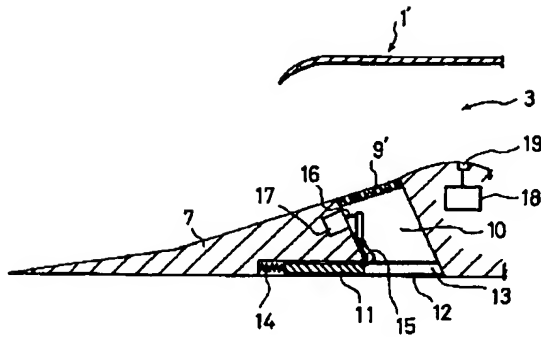
【図5】



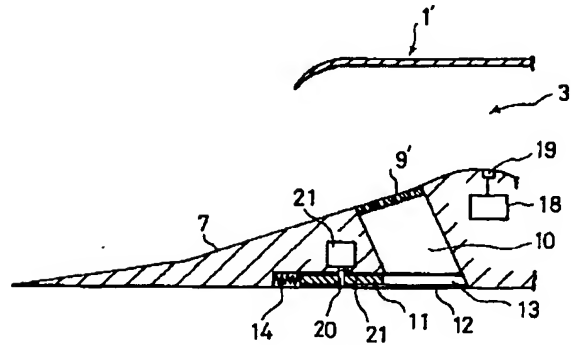
【図6】



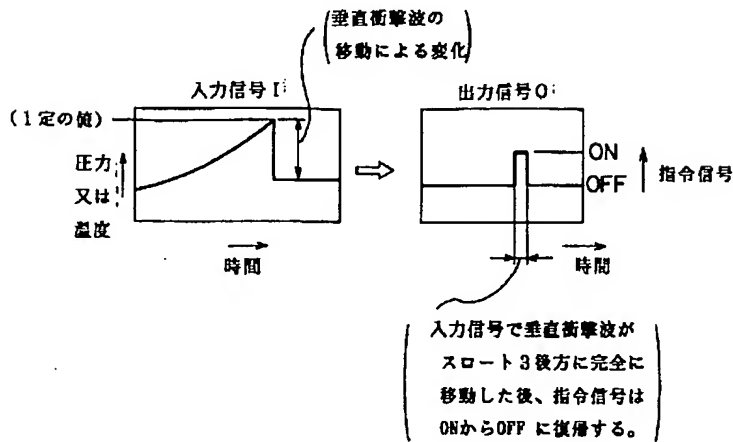
【図1】



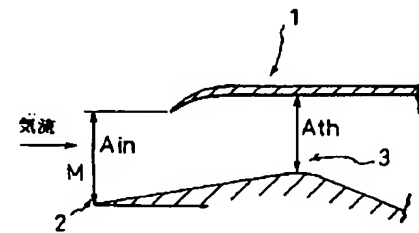
【図2】



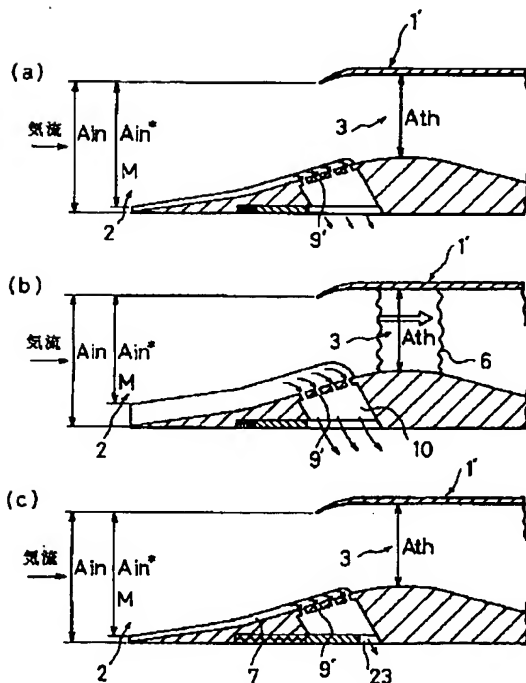
【図3】



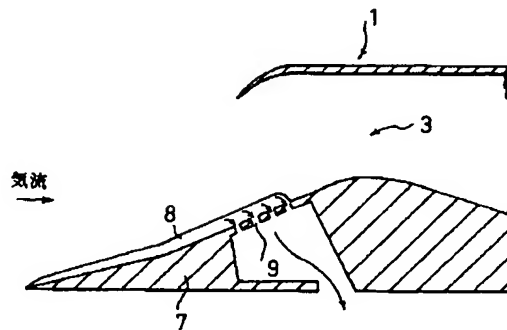
【図8】



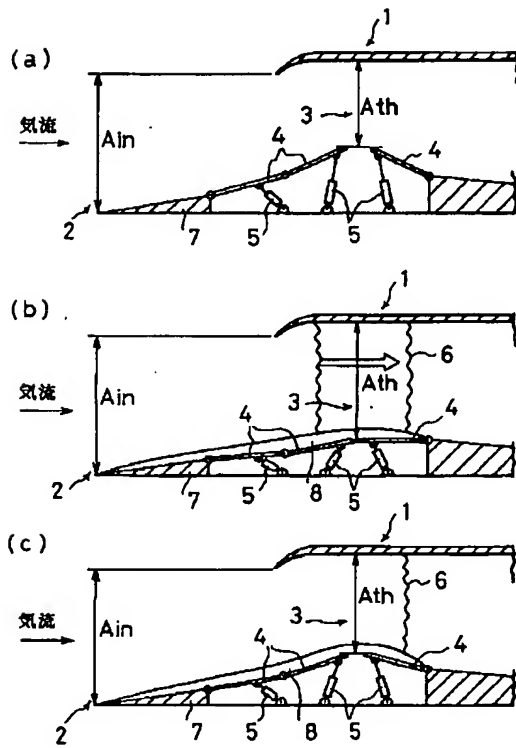
【図7】



【図10】



【図9】



【図11】

